

Fenología de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia

Phenology of four tree species of tropical dry forest in the University Botanical Garden, Universidad del Valle (Cali), Colombia

Mariana Cárdenas-Henao^{1, 2}, Viviana Londoño-Lemos^{1, 3}, Martín Llano-Almario^{1, 4}, Ángela M. González-Colorado^{1, 5}, Katherine L. Rivera-Hernández^{1, 6}, Jhon A. Vargas-Figueroa^{1, 7}, Olga L. Duque-Palacio^{1, 8}, Alba M. Torres-González^{1, 9}, Ángela C. Jiménez-Taquinas^{1, 10}, María P. Moreno-Cavazos^{1, 11}

Resumen

Se evaluaron los patrones fenológicos y la eficiencia de la frecuencia de muestreo en especímenes de *Jacaranda caucana*, *Pithecellobium dulce*, *Samanea saman* y *Tabebuia rosea*, especies representativas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle (Cali), Colombia. Se observaron semanalmente fenofases vegetativas y reproductivas en 20 individuos de cada especie durante un año. Se encontró que el muestreo quincenal es la frecuencia óptima para registrar la fenología de las cuatro especies en el área de estudio. Sólo se observó una tendencia bimodal en la floración de *J. caucana* y *S. saman*, y en la caída de follaje de *S. saman* y *T. rosea*. La producción de botones florales y flores en las especies estudiadas, incrementó cuando aumentó la precipitación o inmediatamente después. En *J. caucana*, la ocurrencia de botones florales, flores y frutos maduros tuvieron una correlación inversa con la precipitación y directa con la temperatura. Las fenofases de *T. rosea* y *S. saman* no tuvieron correlación significativa con la precipitación o la temperatura. La especie *P. dulce* mostró una tendencia a fructificar con la disminución de las lluvias y a reducir el rebrote con el aumento de la temperatura. Se concluye que la fenología de las especies evaluadas está relacionada principalmente con la precipitación y que éstas, a excepción de *J. caucana*, pueden ser consideradas como sub-anales. De este modo, los estudios en entornos urbanos pueden constituirse como una herramienta importante para el conocimiento de los ciclos biológicos de las especies en condiciones ex situ.

Palabras clave: *Jacaranda caucana*, *Pithecellobium dulce*, *Samanea saman*, *Tabebuia rosea*, precipitación, temperatura

Abstract

Phenological patterns and efficiency of sampling frequency were evaluated for *Jacaranda caucana*, *Pithecellobium dulce*, *Samanea saman*, and *Tabebuia rosea*, which are representative species of tropical dry forest, in the Botanical Garden of Universidad del Valle in Cali, Colombia. Vegetative and reproductive phenophases were observed weekly in 20 individuals of each species during one year. We found that biweekly sampling is the optimum frequency to record phenology of these species in the study area. A bimodal tendency was observed only in flowering of *J. caucana* and *S. saman* and leaf fall of *T. rosea* and *S. saman*. Production of flower buds and flowers in the species increased with precipitation and immediately afterward. In *J. caucana*, occurrence of flower buds, flowers, and mature fruits was inversely correlated with temperature. Phenophases of *S. saman* and *T. rosea* were not significantly correlated with precipitation nor temperature. The species *P. dulce* showed a tendency to fruit with reduction in rainfall and to reduce leaf production with increase in temperature. We conclude that the phenology of the evaluated species is principally related to precipitation and that these species, except *J. caucana*, may be considered subannual. Thus, studies in urban environments can be an important method for the study of biological cycles of species in ex situ conditions.

Key words: *Jacaranda caucana*, *Pithecellobium dulce*, *Samanea saman*, *Tabebuia rosea*, precipitation, temperature

Recibido: febrero 2014; aceptado: marzo 2015.

¹ Grupo de investigación Ecología y Diversidad Vegetal, Departamento de Biología, Universidad del Valle. A. A. 25360. Cali, Colombia. Correos electrónicos: ² <cardenas.lmariana@gmail.com>; ³ <london28@gmail.com>; ⁴ <martin.llano.a@hotmail.com>; ⁵ <angelamgonzalez@gmail.com>; ⁶ <katherine.rivera@correounivalle.edu.co>; ⁷ <lexvafi13@gmail.com>; ⁸ <olgadu64@yahoo.es>; ⁹ <alba.torres@correounivalle.edu.co>; ¹⁰ <angelcris86@gmail.com>; ¹¹ <ma.paulamoreno90@gmail.com>.

Eficiencia de los tipos de muestreo. En todas las especies se evidenció que el esfuerzo de muestreo quincenal es igualmente eficiente que el semanal, presentando coeficientes de correlación de Spearman (r) altamente significativos y mayores a 0,8 en la mayoría de las fenofases

(tabla 2). Sólo en casos puntuales como en la fructificación de *J. caucana* y el rebrote de *P. dulce*, la correlación fue menor, pero con valores p menores a 0,05, indicando que la correlación es significativa.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman (r) y su significancia (p) en las fenofases contrastando los muestreos semanales, quincenales y mensuales de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia (* = correlaciones no significativas)

Especie	Fenofase	Semanal vs. Quincenal (semanas impares)		Semanal vs. Quincenal (semanas pares)		Semanal vs. Mensual	
		r	p	r	p	r	p
<i>J. caucana</i>	Botón	0,993	< 0,001	0,970	< 0,001	0,916	< 0,001
	Flor	0,986	< 0,001	0,977	< 0,001	0,862	< 0,001
	Fruto verde	0,778	0,003	0,625	< 0,001	-0,279	0,380*
	Fruto maduro	0,998	< 0,001	0,993	< 0,001	0,921	< 0,001
	Caída	0,974	< 0,001	0,953	< 0,001	0,717	0,008
	Rebrote	0,877	< 0,001	0,926	< 0,001	0,791	0,002
<i>T. rosea</i>	Botón	0,821	0,001	0,907	< 0,001	0,668	0,017
	Flor	0,944	< 0,001	0,872	< 0,001	0,753	0,005
	Fruto verde	0,965	< 0,001	0,979	< 0,001	0,743	0,005
	Fruto maduro	0,975	< 0,001	0,989	< 0,001	0,815	0,001
	Caída	0,977	< 0,001	0,984	< 0,001	0,749	0,005
	Rebrote	0,972	< 0,001	0,970	< 0,001	0,722	0,008
<i>P. dulce</i>	Botón	0,951	< 0,001	0,855	< 0,001	0,582	0,046
	Flor	0,958	< 0,001	0,942	< 0,001	0,558	0,059*
	Fruto verde	0,986	< 0,001	0,991	< 0,001	0,658	0,019
	Fruto maduro	0,989	< 0,001	0,900	< 0,001	0,680	0,015
	Caída	0,923	< 0,001	0,786	0,002	0,454	0,137*
	Rebrote	0,68	0,015	0,789	0,002	0,097	0,765*
<i>S. saman</i>	Botón	0,986	< 0,001	0,963	< 0,001	0,954	< 0,001
	Flor	0,958	< 0,001	0,951	< 0,001	0,884	< 0,001
	Fruto verde	0,974	< 0,001	0,977	< 0,001	0,699	0,011
	Fruto maduro	0,979	< 0,001	0,865	< 0,001	0,854	< 0,001
	Caída	0,956	< 0,001	0,986	< 0,001	0,819	0,001
	Rebrote	0,898	< 0,001	0,940	< 0,001	0,538	0,071*

Por otro lado, en *J. caucana*, *P. dulce* y *S. saman* los resultados del muestreo mensual no se ajustan a los obtenidos en el muestreo semanal, ya que se obtuvo al menos un coeficiente de correlación no significativo para al menos una de las fenofases (tabla 2). En el caso de *T. rosea* se encontraron coeficientes de correlación significativos para todas las fenofases en todos los tipos de muestreo.

Patrones fenológicos. En el seguimiento fenológico de las cuatro especies estudiadas se observó que durante los 12 meses de observación, ninguna de las fenofases evaluadas superó el 60%. Sólo se observó una tendencia bimodal en la floración de *J. caucana* y *S. saman*, y en la caída de follaje de *T. rosea* y *S. saman*.

INTRODUCCIÓN

La fenología comprende el estudio de los eventos biológicos cualificables o cuantificables que ocurren cíclicamente a lo largo de la vida de las plantas, los cuales están determinados por un conjunto de factores climáticos, edáficos y bióticos (Borchert 1983, Gómez-Restrepo 2010-2011, Schwartz 2003). El rebrote de nuevas hojas, la floración, fructificación y caída del follaje durante diferentes estaciones, son ejemplos de eventos fenológicos (Schwartz 2003). Cada evento fenológico (fenofase), comprende fenómenos reproductivos, vegetativos y de crecimiento de las plantas, que se registran por observaciones que se pueden asociar a un alto número de factores causales bióticos y abióticos (climáticos, edáficos, geográficos, entre los más dominantes), que varían en grados de elaboración y complejidad (Gómez-Restrepo 2010-2011).

Las plantas están expuestas estacionalmente a cambios regulares y periódicos en la calidad y abundancia de los recursos, los cuales juegan un rol solos o en combinación, en la activación de cambios fenológicos en las especies tropicales (Lieberman 1982). Específicamente, para las plantas de bosques secos tropicales, se ha relacionado la producción o abscisión de hojas con cambios de ciertos factores abióticos tales como la cantidad de agua almacenada, variación estacional en las lluvias, temperatura, fotoperiodo, irradiancia o eventos climáticos esporádicos (Sánchez-Azofeifa et al. 2003). Estos cambios estacionales, pueden generar fluctuaciones en la frecuencia y abundancia de polinizadores, agentes dispersores de semillas, depredadores y competidores (Lieberman 1982), los cuales son considerados reguladores de la intensidad y duración de la producción de hojas y flores (Sánchez-Azofeifa et al. 2003). En este sentido, Van Vliet y Schwartz (2002) argumentaron que la comprensión de los patrones fenológicos puede ayudar a predecir las respuestas de las comunidades específicas al cambio climático global.

Desde este panorama, existe actualmente gran interés en conocer la biología reproductiva de especies de árboles nativos de los bosques secos tropicales para dirigir y fortalecer planes de manejo y conservación. La Universidad del Valle (campus sede Meléndez, Cali, Colombia) posee gran diversidad de especies de plantas y fue declarado Jardín Botánico Universitario en el año 2010 (Acuerdo 004 de 2010). Asimismo, gran parte de la vegetación del campus es representativa del ecosistema de bosque seco tropical (**bs-T**) (Holdridge 1967), ecosistema que ha ido perdiendo su extensión y

biodiversidad en el Valle del Cauca a causa de la actividad agropecuaria extensiva. En este estudio, se evaluó la fenología vegetativa y reproductiva de cuatro especies de árboles de bosque seco tropical —*Jacaranda caucana* Pittier, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Samanea saman* (Jacq.) Merr. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A. DC—, en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle, entre noviembre de 2011 y octubre de 2012. Los ciclos fenológicos se relacionaron con los patrones de temperatura y precipitación durante dicho año y se evaluó la frecuencia de observación más apropiada para el análisis de estos patrones en el área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle se ubica en el campus sede Meléndez, al sur de la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia, a 995 m. s. n. m., 3° 27' 02" N y 76° 32' O. La ciudad de Cali presenta temperatura media de 25 °C, precipitación anual de 908 mm y humedad relativa del 73%. Históricamente, en la ciudad se han presentado dos períodos anuales de lluvia, uno que comprende los meses de marzo, abril y mayo, y otro al final del año en los meses de octubre y noviembre (AEROCALI 2010).

Eficiencia del muestreo. Para establecer la regularidad óptima de muestreo de las fenofases para cada especie en el campus universitario, se compararon los datos fenológicos con regularidad semanal, quincenal y mensual mediante un análisis de correlación de Spearman con el *software* STATISTICA 7.0, para determinar el grado de similitud de las curvas. Las correlaciones se hicieron con los promedios mensuales de las observaciones semanales, quincenales y mensuales.

Patrones fenológicos. Se seleccionaron 20 individuos de cada especie en diversas zonas del campus universitario, con buenas condiciones fitosanitarias y con capacidad de florecer y fructificar (Fournier y Charpentier 1975, Mosquera 2006), para lo cual se realizaron observaciones previas de las poblaciones de estas especies en el campus. En cada uno de los individuos seleccionados se observaron semanalmente los fenómenos de caída de hojas, rebrote de hojas, presencia de botones florales, flores abiertas, frutos verdes y frutos maduros (Vanegas 1978). Cada fenofase fue evaluada independientemente de la presencia de las otras en el mismo individuo; para la diferenciación entre frutos verdes y maduros en *J. caucana*, *P. dulce* y *T. rosea*, la dehiscencia del fruto fue el indicador de maduración, y

en el caso de *S. saman*, el cambio de color total del fruto de verde a café oscuro.

Las fenofases se evaluaron con el método semicuantitativo propuesto por Fournier (1978), el cual establece una escala de valores de 0 a 4 que expresa los rangos de porcentaje de cada fenofase (tabla 1). Este método ha sido usado por muchos estudios en fenología de árboles neotropicales desde la década de 1990 hasta el presente, particularmente por ser de uso fácil y aplicable para cualquier tipo de especie arbórea (Silva et al. 2014). A partir de la asignación de estos valores a cada fenofase, se calculó el porcentaje semanal de cada una, correspondiente a la muestra de cada especie, utilizando la Ecuación 1 (adaptado de Fournier 1978 y Silva et al. 2014) (tabla 1).

Tabla 1. Escala de valores en el análisis semicuantitativo de las fenofases en estudios de fenología de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia (Fuente: Fournier 1978)

Escala	Estado del fenómeno
0	Ausencia del fenómeno
1	Presencia del fenómeno con magnitud entre 1 y 25%
2	Presencia del fenómeno con magnitud entre 26 y 50%
3	Presencia del fenómeno con magnitud entre 51 y 75%
4	Presencia del fenómeno con magnitud entre 76 y 100%

$$F = \left(\frac{\sum_i^n = 1^a}{n \times 4} \right) \times 100 \quad , \text{Ecuación 1}$$

Donde:

F = porcentaje semanal de la fenofase (%)

a = valor de la fenofase de cada individuo

n = número muestral

4 = valor máximo que puede alcanzar un individuo en una fenofase

Adicionalmente, se obtuvieron los valores promedios mensuales de temperatura y precipitación del área de

estudio. Los valores de precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica del IDEAM ubicada en la Universidad del Valle y la temperatura de la estación meteorológica del CIAT ubicada en Santander de Quilichao (Cauca).

Se realizaron análisis gráficos mensuales a partir del promedio de los porcentajes semanales de las fenofases en cada especie. Finalmente, se realizaron análisis de correlación de Spearman con el *software* STATISTICA 7 de cada fenofase con la precipitación mensual y la temperatura media mensual, para establecer los factores abióticos que regularon la fenología de las especies en el campus universitario.

RESULTADOS

Durante el año de monitoreo, la precipitación fue de 1.567 mm, y la temperatura media fue de 22,5 °C (temperatura máxima promedio de 28,3 °C y temperatura mínima promedio de 16,2 °C). Los factores climáticos en la zona de estudio mostraron patrones opuestos, pues la precipitación presentó sus valores mínimos en febrero (58,2 mm) y julio (41 mm), épocas en las que la temperatura mostró tendencia a incrementar (media de 22,8 y 23,2 °C, respectivamente). Mientras que, durante noviembre y abril, se presentaron las épocas más lluviosas (324,4 y 237,8 mm, respectivamente) y las temperaturas más bajas del período evaluado (temperatura media de 19,4 y 20,5 °C, respectivamente) (figura 1).

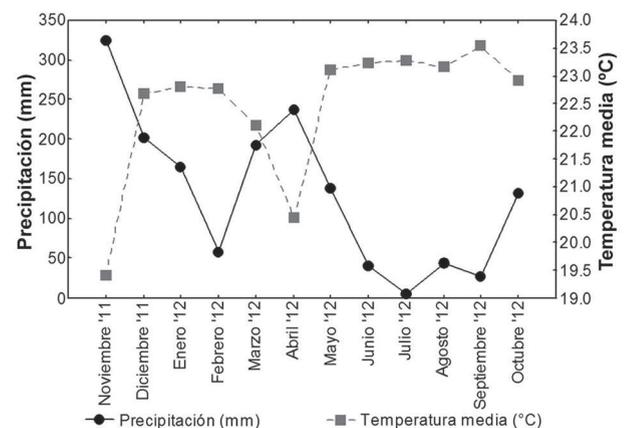


Figura 1. Registros de precipitación y temperatura entre los meses de noviembre de 2011 a octubre de 2012 en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle (Cali), Colombia

Respecto a los patrones de las fenofases reproductivas de *J. caucana*, el brote de botones y la apertura de flores tuvieron un comportamiento muy similar, mostrando dos valores máximos en febrero y julio. La fructificación fue relativamente constante, con leve aumento del porcentaje

de fructificación madura (dehiscente) en el mes de agosto. La caída de follaje tuvo su valor máximo en julio y sucedió inmediatamente después del valor mínimo en el rebrote, ocurrido en junio. El rebrote presentó dos valores máximos, uno en abril y otro en septiembre (figura 2).

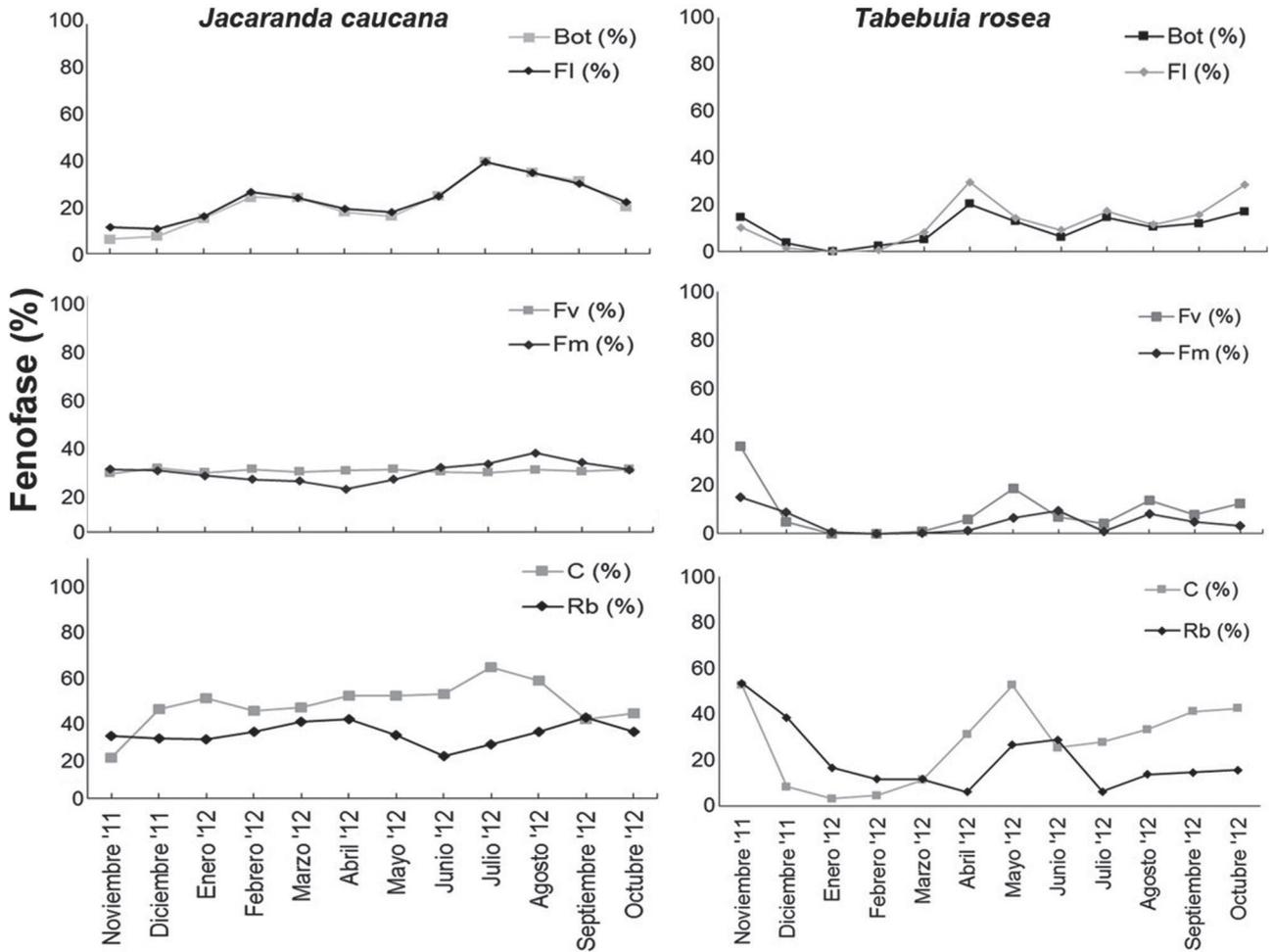


Figura 2. Patrones fenológicos vegetativos y reproductivos de *Jacaranda caucana* y *Tabebuia rosea*, evaluados de noviembre 2011 a octubre de 2012 en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle (Cali), Colombia (Bot = botones; FI = flores abiertas; Fv = frutos verdes; fm = frutos maduros; C = caída de follaje; Rb = rebrote de hojas)

En *T. rosea*, el patrón de formación de botones florales y de flores abiertas, mostró el valor máximo de 20 y 30%, respectivamente, en los meses de abril y octubre. La fructificación mostró el valor máximo en noviembre y dos picos pequeños en mayo y agosto. Por otro lado, se presentaron dos picos en los fenómenos de rebrote y caída de follaje durante el año. La caída de follaje más intensa se presentó en noviembre (50%) y en mayo (55%). El rebrote tuvo dos valores altos, uno de 50% en noviembre y otro de 25% en junio (figura 2).

Los individuos de *P. dulce*, mostraron tendencias más estables a lo largo del año de monitoreo. Hubo botones florales y floración durante todo el año, con un pequeño pico en el registro de botones entre diciembre y enero (40%) y otro en junio de valor similar, mientras que el registro de flores abiertas presentó su máximo en enero (30%). La fructificación se mantuvo por debajo del 20%; los frutos verdes presentaron valores máximos en enero y de julio a septiembre, mientras que los frutos maduros tuvieron su máximo en los meses de febrero y agosto (figura 3). Las

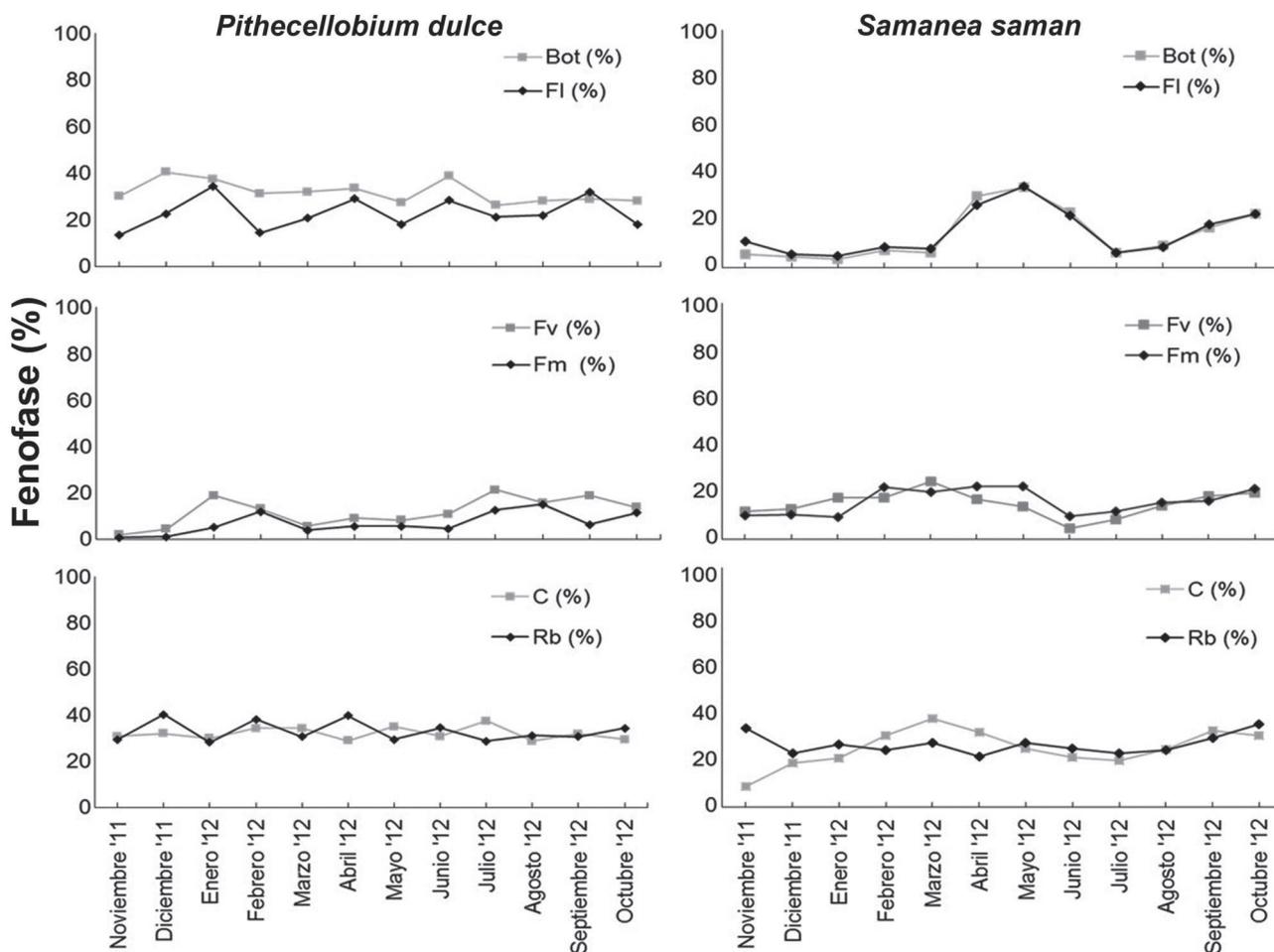


Figura 3. Patrones fenológicos vegetativos y reproductivos de *Pithecellobium dulce* y *Samanea saman* evaluados de noviembre 2011 a octubre de 2012 en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle (Cali), Colombia (Bot = botones; Fl = flores abiertas; Fv = frutos verdes; fm = frutos maduros; C = caída de follaje; Rb = rebrote de hojas)

fenofases vegetativas tuvieron un comportamiento casi constante, con valores registrados entre 30 y 40% durante todo el año (figura 3).

Finalmente, en *S. saman*, el registro tanto de botones florales como de flores abiertas mostró el mismo comportamiento, teniendo valor máximo entre abril y mayo (cercano al 31%), y otro en octubre (cercano al 25%). Los frutos verdes y maduros presentaron tendencia similar. Los frutos verdes alcanzaron los valores máximos en marzo y octubre (21% y 19%, respectivamente), mientras que los frutos maduros los alcanzaron en abril y octubre (22% y 21%, respectivamente). Los patrones vegetativos fueron relativamente estables y las curvas de caída de follaje y rebrote mostraron tendencia contraria entre los dos fenómenos. El punto máximo de rebrote de noviembre

coincidió con el punto mínimo de caída de follaje y, después del punto máximo de caída de hojas de marzo, siguió el punto mínimo de rebrote en abril (figura 3).

La ocurrencia de botones florales, flores abiertas y frutos maduros en *J. caucana*, presentó correlación significativa inversa con la precipitación ($r = -0,8811$, $p = 0,0001$; $r = -0,8531$, $p = 0,0004$; $r = -0,6374$, $p = 0,0257$, respectivamente) y directa significativa con las temperaturas medias mensuales mayores ($r = 0,7412$, $p = 0,0058$; $r = 0,6853$, $p = 0,0139$; $r = 0,6830$, $p = 0,0143$, respectivamente) (tabla 3).

Los especímenes de *P. dulce* mostraron tendencia a fructificar en las épocas en que disminuyeron las lluvias ($r = -0,8041$ y $p = 0,0016$ para frutos verdes, y $r = -0,6363$, $p =$

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Spearman (r) y su significancia (p) de los parámetros climáticos y las fenofases de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia (* = correlaciones significativas)

Especie	Fenofase	Precipitación		Temperatura	
		r	p	r	p
<i>J. caucana</i>	Botón	-0.881119	0.000153*	0.741259	0.005801*
	Flor	-0.853147	0.000418*	0.685315	0.013906*
	Fruto verde	0.017669	0.956536	0.007068	0.982608
	Fruto maduro	-0.637479	0.025754*	0.683013	0.014359*
	Caída	-0.378284	0.225327	0.385290	0.216147
	Rebrote	0.143608	0.656129	-0.189142	0.556033
<i>T. rosea</i>	Botón	0.090909	0.778725	-0.034965	0.914093
	Flor	-0.181818	0.571701	0.244755	0.443262
	Fruto verde	0.080561	0.803451	0.094571	0.770020
	Fruto maduro	0.125874	0.696683	0.062937	0.845931
	Caída	0.024518	0.939710	0.115587	0.720555
	Rebrote	0.265734	0.403833	-0.083916	0.795415
<i>P. dulce</i>	Botón	0.188811	0.556737	-0.223776	0.484452
	Flor	-0.286713	0.366251	0.398601	0.199335
	Fruto verde	-0.804196	0.001615*	0.748252	0.005124*
	Fruto maduro	-0.636364	0.026097*	0.468531	0.124455
	Caída	-0.504379	0.094485	0.388792	0.211643
	Rebrote	0.441332	0.150935	-0.577934	0.049049*
<i>S. saman</i>	Botón	-0.258741	0.416775	0.335664	0.286123
	Flor	-0.069930	0.829024	0.181818	0.571701
	Fruto verde	0.189142	0.556033	-0.210158	0.512085
	Fruto maduro	0.314685	0.319139	-0.328671	0.296904
	Caída	-0.118881	0.712884	0.034965	0.914093
	Rebrote	-0.007005	0.982762	0.017513	0.956919

0,0260 para frutos maduros) y aumentaron las temperaturas ($r = 0,7482$, $p = 0,0051$ para frutos verdes). Por otra parte, también presentaron tendencia a disminuir el rebrote con el aumento de la temperatura ($r = -0,5779$, $p = 0,0490$) (tabla 3).

En el caso de *T. rosea* y *S. saman*, los estados fenofásicos no tuvieron una correlación significativa con la precipitación o la temperatura (tabla 3).

DISCUSIÓN

Las pruebas estadísticas realizadas en el presente estudio muestran que existe similitud entre los datos

obtenidos de manera semanal y quincenal, mientras que la observación mensual muestra diferencias importantes en el comportamiento de ciertas fenofases de las especies evaluadas, a excepción de *T. rosea*, donde la observación mensual proporciona datos similares a los semanales y quincenales. Fournier y Charpentier (1975) recomiendan que en los estudios cuyo objetivo primordial es el análisis detallado del comportamiento fenológico, deben realizarse observaciones quincenales. Sin embargo, también sugieren que la observación mensual puede suministrar suficiente información fenológica, aunque las observaciones semanales permiten detectar variaciones que no son evidentes cuando se efectúan quincenal o mensualmente. Por lo anterior, se considera que el muestreo quincenal es

la opción más adecuada para el estudio de la fenología de las cuatro especies analizadas en el área de estudio.

En las fenofases evaluadas en las especies del presente estudio, se observaron tendencias en los procesos fenológicos reproductivos y vegetativos relacionados con la precipitación y la temperatura mensual. De esta forma, la producción de botones florales y flores en las cuatro especies estudiadas, se incrementó durante los meses en los que ocurrió aumento en la precipitación o inmediatamente después. Este es el caso de algunas especies de bosque seco cuyos eventos de floración están positivamente relacionados con aumentos en la precipitación, y por lo tanto, con incremento en la disponibilidad de agua en el suelo (McLaren y McDonald 2005). Los resultados del presente estudio muestran que aunque estas especies se encuentran en un ambiente urbano, aún responden a las variables climáticas a las que normalmente responderían en un entorno natural.

Las especies *J. caucana* y *T. rosea* presentan una floración masiva y abundante, la cual se extiende aproximadamente un mes (Gentry 1974a). Sin embargo, en la muestra estudiada los individuos con floración superior al 75% y pérdida total del follaje fueron pocos. Esto podría ser consecuencia de la selección de los individuos, ya que es posible que los individuos que presentan floración masiva cada año no sean los mismos (Reich y Borchert 1982).

Comúnmente, la percepción de una floración masiva en *J. caucana* y *T. rosea* se relaciona con la pérdida casi total del follaje. Sin embargo, Gentry (1974a) afirma que este tipo de floración no está definida por la abscisión de las hojas antes del inicio de esta fenofase, sino por la intensidad del fenómeno como tal, es decir, por la cantidad de flores que producen los individuos en función de un tiempo determinado. Esto se observó en los individuos que presentaron floración masiva en ambas especies.

La floración de *T. rosea* parece activarse con la disminución en la precipitación y el desarrollo de botones florales puede ocurrir en época seca o lluviosa (Gentry 1974a, Gómez-Restrepo 2010-2011). Esto se observó en los individuos muestreados, pues el valor máximo de floración ocurrió dos meses después de la época de menor precipitación. Borchert (1983) propone que el proceso de antesis parece estar controlado por cambios estacionales en el estatus hídrico de los árboles, ya que se han encontrado factores internos correlacionados con este proceso.

Para el caso de *S. saman*, la producción de flores y botones ocurrió durante todo el año, pero se observó un pico que

inició con las épocas lluviosas y finalizó en la época más seca. En otros estudios fenológicos realizados con esta especie en Antioquia (Colombia), se observó una tendencia contraria, iniciando dicho pico en la época seca y culminando en la época lluviosa (Gómez-Restrepo 2010-2011). Debido a que *S. saman* es una especie con amplio rango de distribución, la fenología de esta depende de factores espaciales, temporales, climáticos y biológicos (Gentry 1974a, b, Gómez-Restrepo 2010-2011) y puede variar entre poblaciones de clima seco y poblaciones de clima húmedo, al igual que entre individuos dentro de estas poblaciones (Borchert 1983, Frankie et al. 1974, Reich y Borchert 1984). Esto puede explicar la diferencia en los patrones observados en el área de estudio respecto a los estudios realizados por Gómez-Restrepo (2010-2011) en bosques secos de Antioquia.

En las fenofases reproductivas de *P. dulce*, se observó que los porcentajes disminuyeron en un gradiente desde la formación de botones florales hasta frutos maduros. El Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle actúa como un corredor biológico que permite la conectividad entre parches boscosos aledaños a la ciudad de Cali. Varias especies de aves se alimentan de los recursos que ofrecen las especies vegetales del campus (Torres, com. pers.). Durante el desarrollo de esta investigación se observaron diferentes especies animales (i.e.: aves y mamíferos) alimentándose de botones florales, flores, frutos verdes y frutos maduros de *P. dulce*. Así, la depredación en cada fase podría explicar la reducción porcentual de la siguiente etapa.

Por otra parte, la fructificación constante de *J. caucana* se debe a que la maduración de los frutos de esta especie tarda más de ocho meses, manteniendo los frutos verdes durante un periodo prolongado.

La formación de frutos en *T. rosea*, ocurre un mes después del pico de floración. De igual forma, la maduración ocurre un mes después del pico máximo de frutos verdes. Esto ocurre, porque el periodo de formación y maduración de los frutos es menor a tres meses (Gómez-Restrepo 2010-2011).

Los picos de frutos maduros y caída de follaje en *J. caucana* y *T. rosea* coinciden con la disminución de la precipitación, favoreciendo la dispersión de las semillas de estas especies, lo cual corresponde con el patrón general de dispersión por anemocoria en ecosistemas secos en donde a menor precipitación y dosel más abierto se favorece mayor circulación del viento, aumentando la probabilidad de dispersión a mayor distancia (Sobral-Griz y Machado 2001).

La fructificación de *S. saman* fue constante durante todo el año, debido a la presencia prolongada de algunos frutos; la maduración inicia con la época más seca del año y finaliza con la más húmeda, hecho registrado por Gómez-Restrepo (2010-2011) en bosques secos tropicales del departamento de Antioquia. En consecuencia, los picos de frutos maduros de *S. saman* corresponden con meses de alta precipitación, lo cual es un patrón general en las especies de bosque seco tropical que presentan el síndrome de dispersión por zoocoria, donde los periodos de mayor precipitación parecen favorecer la dispersión animal (Sobral-Griz y Machado 2001).

El comportamiento fenológico de *P. dulce* y *S. saman* es similar al observado en otras especies de Fabaceae, en las que las fenofases vegetativas están más sincronizadas con los cambios en la temperatura, y menos con el régimen hídrico (Bulhão y Figueiredo 2002).

La caída y el rebrote de hojas en *P. dulce* y *S. saman* no presentaron diferencias muy notorias en el año evaluado, ya que estas especies tienden a retener las hojas viejas mientras las hojas nuevas emergen. Esto hace parte de una estrategia para mantener una fuente continua de fotosíntesis y conservar las reservas del individuo, utilizando las hojas viejas fotosintéticamente activas para producir energía, mientras las hojas nuevas puedan cumplir una función similar a la de las hojas viejas (Jackson 1978).

A excepción de *J. caucana* en las fenofases de botones florales, floración y fructificación madura, y *P. dulce* en las fenofases de frutos verdes y rebrote, la mayoría de las fenofases no presentaron correlaciones significativas con la temperatura. Según Reich y Borchert (1982, 1984), las variaciones en la temperatura media mensual parecen no tener efecto significativo en el desarrollo de los árboles en zonas tropicales con estaciones secas marcadas, debido a que éstas son mínimas comparadas con la variación en la disponibilidad de agua.

Con este estudio se concluye que el muestreo quincenal fue la opción óptima para registrar la fenología de las especies evaluadas en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle. Para estas especies la fenología está relacionada principalmente con la precipitación, este factor puede tener efectos inmediatos o a corto plazo en algunas fenofases, como en la floración (i.e.: botones florales y flores abiertas). Asimismo, fue posible determinar que las especies estudiadas, a excepción de *J. caucana*, pueden ser consideradas como sub-anales, completando dos ciclos reproductivos por año. Finalmente,

fue posible evidenciar que los estudios en entornos urbanos permiten una aproximación a la comprensión de los ciclos biológicos de las plantas nativas de la zona de vida en la que se encuentran. En muchas ocasiones estos individuos cultivados son el único recurso para la investigación de especies de las que se tienen pocos registros en entornos naturales.

AGRADECIMIENTOS

A Johan Home, Jorge Orrego, Leonardo Guevara y demás integrantes del Grupo de Investigación Ecología y Diversidad Vegetal de la Universidad del Valle, por el apoyo en la toma de datos en campo. A la Universidad del Valle y la Vicerrectoría de Investigaciones por la financiación de este proyecto de investigación. Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por el acceso a los datos climáticos de temperatura. A los evaluadores que contribuyeron a la edición final del manuscrito.

REFERENCIAS

- AEROCALI [Internet]. 2010. Sociedad Concesionaria del Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón. Fecha de acceso: 11 de mayo de 2010. Disponible en: <<http://www.aerocali.com.co/>>.
- Borchert R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*, 15 (2): 81-89.
- Bulhão CF, Figueiredo PS. 2002. Fenología de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, 25 (3): 361-369.
- Fournier LA. 1978. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Cespedesia*, 7 (25-26): 21-23.
- Fournier LA, Charpantier C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25 (1): 45-48.
- Frankie GW, Baker HG, Opler PA. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62 (3): 881-919.
- Gentry AH. 1974a. Coevolution patterns in Central American Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66 (3): 728-759.
- Gentry AH. 1974b. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, 6 (1): 64-68.
- Gómez-Restrepo ML. 2010-2011. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. 2 Volúmenes. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Holdridge LR. 1967. Lifezoneecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. p. 149.
- El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia [Internet]. 1998. IAvH (Instituto Alexander Von Humboldt). Fecha de acceso: 11 de mayo de 2010. Disponible en: <<http://media.utp.edu.co/ciebgreg/>>

- archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>.
- Jackson JF. 1978. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. *Biotropica*, 10 (1): 38-42.
- Lieberman D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology*, 70 (3): 791-806.
- McLaren KP, McDonald MA. 2005. Seasonal patterns of flowering and fruiting in a dry tropical forest in Jamaica. *Biotropica*, 37 (4): 584-590.
- Mosquera HR. 2006. Fenología y desarrollo floral de Carra (*Huberodendron patinoi* Cuatrec. Bombacaceae), Abarro (*Cariniana pyriformis* Miers, Lecythidaceae) y fenología de Chano (*Humiriastrum procerum* Litte, Humiriaceae) Cuatrec. [Tesis de maestría]. [Cali (Colombia)]: Universidad del Valle. p. 101.
- Reich PB, Borchert R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology*, 63 (2): 294-299.
- Reich PB, Borchert R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72 (1): 61-74.
- Sánchez-Azofeifa A, Kalacska ME, Quesada M, Stoner KE, Lobo JA, Arroyo-Mora P. 2003. Tropical dry climates. En: Schwartz MD, editor. *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 121-137.
- Schwartz MD. 2003. Introduction. En: Schwartz MD, editor. *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 1-7.
- Silva AG, Freitas L, Pires PA. 2014. A Fournier Index upgrade as a new approach for quantitative phenological studies in plant communities. *Tropical Ecology*, 55 (1): 137-142.
- Sobral-Griz LM, Machado CS. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 17 (2): 303-321.
- Van Vliet AJH, Schwartz MD. 2002. Phenology and climate: the timing of life cycle events as indicators of climate variability and change. *International Journal of Climatology*, 22: 1713-1714.
- Vanegas L. 1978. Metodología para observaciones fenológicas. *Cespedesia*, 7 (25-26): 25-29.